

A Importância do Desenho de Construção Mecânica e da Concepção e Fabrico Assistidos por Computador ao nível da Indústria Metalomecânica *

José António Almacinha **

1 Visão geral do problema

Antigamente, a maioria das empresas tinha os seus serviços de concepção e de fabricação sediados no mesmo local. Esse facto facilitava um alto grau de entendimento entre o projectista, a oficina e os metrologistas. Num tal ambiente, as insuficiências dos desenhos técnicos, da fabricação, dos procedimentos de medição e das normas afins não eram críticas para o sucesso da produção. Hoje em dia, isso só continua a ser verdade onde tais ambientes produtivos ainda subsistem.

No entanto, agora que o “outsourcing” (contratação externa) de tarefas produtivas está a tornar-se cada vez mais comum, aquele grau de entendimento mútuo não pode estar sempre presente, obrigando, assim, a que a documentação técnica elaborada tenha que ser mais precisa.

Além disso, a tecnologia tem-se aperfeiçoado, em resultado das necessidades crescentes de fabricação de peças mais precisas e a mais baixos custos. Para as empresas com os seus serviços de concepção e fabricação no mesmo local, as velhas ferramentas de cotagem e toleranciamento podem ser ainda válidas, mas não serão, necessariamente, as óptimas para todas as novas concepções. As novas necessidades requerem mais flexibilidade nas normas que devem disponibilizar uma ampla variedade de ferramentas de cotagem e toleranciamento. Consequentemente, a normalização no âmbito da **Especificação geométrica de produtos (GPS)** está a sofrer uma evolução orientada para uma base mais matemática e científica, de modo a permitir uma melhor interface das funções de produção com o conhecimento científico.

Segundo a Comissão técnica ISO/TC 213, dados empíricos mostram que quase 80% dos custos de um produto derivam de decisões tomadas durante as fases de concepção e de produção inicial desse produto. Acresce a isso que os custos médios resultantes das ambiguidades existentes nos desenhos técnicos podem atingir cerca de 20% do volume de negócios da produção. Logo, definições incorrectas e ambíguas dos **requisitos GPS** são factores de elevado risco económico para a indústria e estão na base de muitas disputas entre empresas.

* Texto elaborado no âmbito de um convite, formulado aos docentes do DEMEGI, para uma visita às empresas Simoldes Plásticos e Küpper & Schmidt, no contexto do processo de revisão do Plano de Estudos da Licenciatura em Engenharia Mecânica (LEM) da FEUP, 30 de Outubro de 2003.

** Docente da Secção de Desenho Industrial do DEMEGI-FEUP.

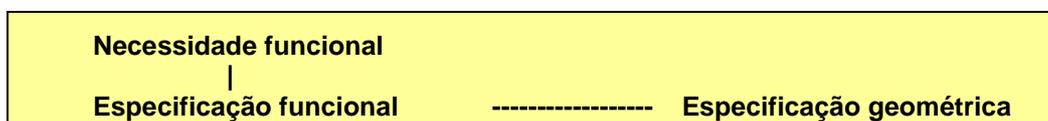
Por sua vez, a utilização de tecnologia baseada em sistemas de computação está em crescimento e as oportunidades de interacção humana directa são cada vez mais reduzidas. Por isso, há uma necessidade de modelar o conhecimento relevante (método mais preciso para expressar os requisitos funcionais da peça, especificações completas e bem definidas e estratégias de verificação integradas), de modo a integrá-lo nos **Sistemas 3D CAD/CAM/CAQ**.

Em conclusão, actualmente, as actividades produtivas desenvolvem-se num mercado global em que:

- Os **Sistemas de Gestão da Qualidade**, em concordância com as normas da série ISO 9000, são prioritários para a indústria.
- Uma **Metrologia**, de utilização cada vez mais sofisticada, é aplicada na verificação funcional de peças relevantes.
- A utilização de **Sistemas CAD/CAM** é um dado adquirido.
- A utilização do “**outsourcing**” e da **subcontratação** está em crescimento.
- A **Especificação Geométrica de Produtos (GPS)** é um meio de comunicação no qual projectistas, engenheiros de produção e metrologistas trocam informação não ambígua sobre quais são os requisitos funcionais dos produtos.
- A **documentação GPS** pode ser olhada como a base de um **contrato firme**, neste novo ambiente de negócios, a nível internacional, em que é crescente a utilização do “outsourcing” e da subcontratação.

2 A especificação e a verificação geométrica de produtos

A **especificação geométrica** é a etapa da concepção em que se estabelece o campo das variações admissíveis de um conjunto de características de uma peça, que permitem desempenhar as funções da peça (**necessidade funcional**). Define, também, um nível de qualidade delimitado pelo processo de fabricação, os limites admissíveis para a fabricação e a definição da conformidade da peça.



O projectista começa por definir uma “peça” perfeita com forma e dimensões que se ajustam às funções do mecanismo. Este modelo de “peça” perfeita, definido pelo projectista, designa-se por **modelo nominal** [ver figura 1 a)].

Esta primeira etapa (**concepção nominal**) estabelece uma representação da peça apenas com **valores nominais que são impossíveis de produzir ou inspeccionar** (uma vez que cada processo de fabricação ou de medição tem a sua própria variabilidade ou incerteza).

Por outro lado, a **superfície real da peça** (ou pele da peça), que é a interface física da peça com o seu ambiente envolvente [ver figura 1 c)], é complexa (geometricamente imperfeita), sendo impossível apreender, completamente, a sua variação dimensional, de modo a perceber, totalmente, a amplitude completa de toda a variação.

A partir da geometria nominal, o projectista imagina um **modelo desta superfície real** que representa as variações que poderiam ser esperadas na superfície real da peça (**intenção da concepção**). Este modelo da interface física da peça com o seu ambiente envolvente, que representa a geometria imperfeita da peça, é designado por: **Modelo da superfície não ideal** (ou modelo da pele – “skin model”), ver figura 1b).

O **Modelo da superfície não ideal** (“skin model”) é, pois, utilizado para simular variações da superfície a um nível conceptual. Neste modelo, o projectista deverá ser capaz de otimizar os limites máximos admissíveis, para os quais a função se degrada, mas continua ainda a ser assegurada. Estes limites máximos admissíveis definem as **tolerâncias** (diferenças entre os limites superior e inferior das tolerâncias) de cada característica geométrica da peça.

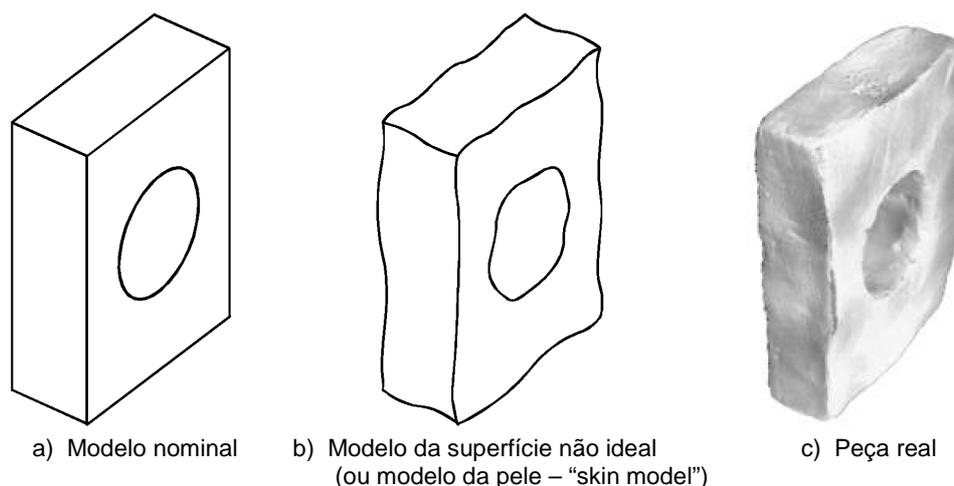


Figura 1

A **verificação** é a etapa da fabricação em que um metrologista determina se a **superfície real de uma peça** (ver figura 1 c) está conforme com o campo de variações admissíveis que foi especificado. A definição deste desvio geométrico será utilizada para ajustar o processo de fabricação.

O metrologista começa por ler a especificação, tendo em conta o “modelo da superfície não ideal” (“skin model”), para conhecer as características especificadas. A partir da superfície real da peça, define as etapas individuais do plano de verificação, dependendo dos equipamentos de medição.

A conformidade é então determinada através da comparação das características especificadas com o resultado da medição.

Especificação geométrica	-----	Grandeza (a medir)	-----	Resultado da medição
---------------------------------	-------	---------------------------	-------	-----------------------------

Actualmente, nas empresas com um bom desenvolvimento tecnológico, todas as etapas da abordagem descrita estão assentes em sistemas de computação que estão em vias de desenvolvimento no sentido da sua integração em **Sistemas 3D CAD/CAM/CAQ**.

Os **sistemas CAD** avançados baseiam-se numa filosofia de **representação paramétrica** (com a introdução de relações entre entidades geométricas) de modelos tridimensionais (3D). Toda a informação das peças individuais e da montagem do conjunto fica guardada, sendo estabelecida uma relação biunívoca entre o modelo 3D (concepção) e a sua representação 2D (definição, fabricação e verificação), permitindo que qualquer alteração realizada posteriormente seja actualizada em todas as partes do sistema. Estes sistemas são ferramentas poderosas na estruturação e na comunicação de informação entre as fases de concepção, de produção e do controlo de qualidade dos produtos.

No entanto, para se conseguir uma utilização profícua e eficaz deste tipo de aplicações, o utilizador deve possuir bons conhecimentos de construções geométricas no espaço 2D e de cotação nominal, e ter adquirido a capacidade para estruturar toda a modelação e, dentro do possível, para relacionar as sucessivas operações a executar com as anteriormente realizadas, de modo a permitir que uma qualquer alteração possa ter o efeito pretendido sobre a totalidade do objecto e/ou sistema em causa.

3 A necessidade da indústria metalomecânica nacional possuir engenheiros bem preparados em termos de documentação técnica de produtos (TPD) e de CAD/CAM

A nível nacional, o **sector de fabricação de peças e moldes para a indústria automóvel** é um sector fortemente internacionalizado, motor do desenvolvimento da nossa indústria metalomecânica, em que se verifica a existência de um elevado “outsourcing” das tarefas de produção e a crescente necessidade de **dispor de competências próprias no domínio do desenvolvimento de produtos**, só possíveis com a existência de profissionais de engenharia com uma boa formação ao nível da **engenharia de concepção**.

Adicionalmente, face ao aumento de concorrência registado, a nível mundial, este sector começa a ensaiar estratégias para entrar no domínio da fabricação de peças para a indústria aeronáutica, conforme foi referido pelo Prof. Rui Guimarães da COTEC – Portugal, em recente intervenção, subordinada ao tema “A perspectiva de intervenção da COTEC”, realizada em 2003-10-15, no âmbito das Jornadas da FEUP “Que inovação para Portugal?”.

Neste sentido, no momento em que o Departamento de Engenharia Mecânica da FEUP está a preparar um novo plano de estudos para a licenciatura em Engenharia Mecânica, deverão ser tidas em conta as crescentes necessidades sentidas pela indústria de poder ter, ao seu dispor, novos engenheiros com um perfil adequado ao ambiente produtivo atrás descrito

Assim, em termos de **conhecimentos de Desenho**, os novos licenciados da LEM deverão:

- Ter sólidos conhecimentos sobre os princípios gerais de representação, no âmbito da Documentação técnica de produtos (TPD – *Technical product documentation*), devendo, em simultâneo, procurar-se promover o desenvolvimento das suas capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica (**Desenho Técnico**).
- Ter capacidade para associar as técnicas de representação gráfica com conceitos relativos à normalização de Sistemas e componentes mecânicos de utilização geral e às Especificações geométricas de produtos (GPS - *Geometrical Product Specifications*), para a elaboração de desenhos de conjunto e de detalhe (ou de definição). Estes desenhos são peças fundamentais da documentação técnica que acompanha as diferentes fases do ciclo de vida dos produtos (**Desenho de Construção Mecânica**).
- Aprender a utilizar, **de um modo consistente**, sistemas CAD 2D e 3D, através da incorporação dos conceitos da TPD, da normalização de sistemas e componentes mecânicos e da linguagem GPS (**Desenho e Fabrico Assistidos por Computador**)

Como nota final, deve registar-se que **uma das competências dos licenciados em Engenharia Mecânica pela FEUP mais apreciadas pelas entidades empregadoras e que tem permitido distingui-los positivamente face aos colegas formados por outras Escolas é o seu bom desempenho na interpretação e execução de desenhos industriais**, mesmo em actividades de grande exigência neste domínio, como é o caso da indústria dos moldes.

4 Referências

- [1] – Draft Business Plan of ISO/TC 213 - Dimensional and geometrical product specifications and verification. Versão 3. ISO, 2003-01-08, 20 p.
- [2] – Draft Business Plan of ISO/TC 10 - Technical product documentation. Versão 1. ISO, 2000-12-18, 35 p.
- [3] – ISO/DTS 17450-1:2001- *Geometrical product specifications (GPS) – General concepts – Part 1: Model for geometric specification and verification*. ISO.